

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-259863

(43)Date of publication of application : 25.09.2001

(51)Int.Cl.

B23K 20/12
// B23K103:10

(21)Application number : 2000-075666

(71)Applicant : SUMITOMO LIGHT METAL IND LTD

(22)Date of filing : 17.03.2000

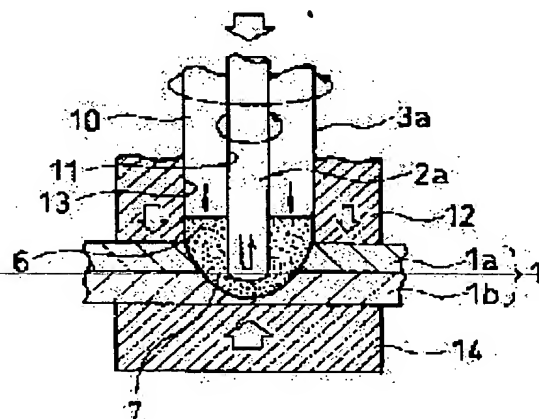
(72)Inventor : KUMAGAI MASAKI
TANAKA SUNAO

(54) METHOD OF SPOT JOINING FOR ALUMINUM ALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of a spot joining for an aluminum alloy with which an excellent joining quality is given, an excellent joined state is kept, and the trace of a press fit hole does not remain at the joined part by applying a friction stir joining method.

SOLUTION: A press-fitting pin 2a which is harder than an aluminum alloy plate 1 is press-fitted into plural laminated aluminum alloy plates 1a and 1b with a friction joining tool 3a having a triple structure. After stirred, the spilt part 6 of the aluminum alloy, which spilled out of a formed press-fit hole 5 is confined between the press-fitting pin 2a and an external ring 12, and an intermediate ring 10 of the friction joining tool 3a is pressed on the face of the aluminum alloy plate 1a, after a removing process of the press-fitting pin 2a from the press-fit hole 5 is initiated, to make to flow the spilt part 6 of the aluminum alloy with which the press-fit hole 5 is filled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-259863

(P2001-259863A)

(43) 公開日 平成13年9月25日 (2001.9.25)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 3 K 20/12

// B 2 3 K 103: 10

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 20/12

103: 10

テームコード (参考)

3 1 0

4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-75666 (P2000-75666)

(22) 出願日 平成12年3月17日 (2000.3.17)

(71) 出願人 000002277

住友軽金属工業株式会社

東京都港区新橋5丁目11番3号

(72) 発明者 熊谷 正樹

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(72) 発明者 田中 直

東京都港区新橋5丁目11番3号 住友軽金属工業株式会社内

(74) 代理人 100071663

弁理士 福田 保夫 (外1名)

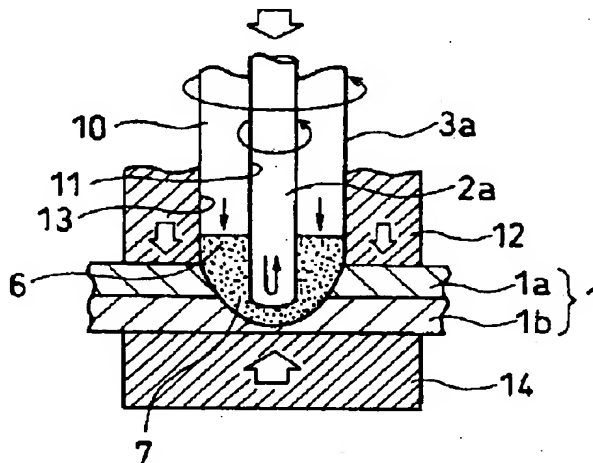
Fターム (参考) 4E067 AA05-BG00

(54) 【発明の名称】 アルミニウム合金の点接合方法

(57) 【要約】

【課題】 摩擦攪拌接合法を適用することにより、継ぎ手品質が良く、良好な接合状態を保持でき、接合部分に圧入穴が残らないアルミニウム合金の点接合方法を提供する。

【解決手段】 三重構造の摩擦接合工具 3 a でアルミニウム合金板 1 より硬質な圧入ピン 2 a を、複数の重ね合わせたアルミニウム合金板 1 a、1 b に対して圧入、攪拌した後、生じた圧入穴 5 から外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部 6 を、圧入ピン 2 a と外部リング 1 2 との間に封じ込め、圧入穴 5 からの圧入ピン 2 a の除去工程の開始以後、摩擦接合工具 3 a の中間リング 1 0 をアルミニウム合金板 1 a 面に押圧して、圧入穴 5 にアルミニウム合金溢出部 6 を流動、埋入する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の重ね合わせたアルミニウム合金材に対して、該アルミニウム合金材より硬質な摩擦接合工具の圧入ピンを回転させながら圧入して攪拌した後、該圧入ピンによる圧入穴を他所からの素材にて埋め込む段階を含むことを特徴とするアルミニウム合金の点接合方法。

【請求項2】 前記圧入穴の埋め込み段階は、前記圧入ピンの除去工程と、該除去工程の開始以後、圧入ピンの圧入に伴って外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を圧入穴に流動させる埋入工程とからなる請求項1記載のアルミニウム合金の点接合方法。

【請求項3】 前記埋入工程は、外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を、三重構造の摩擦接合工具における圧入ピンと外部リングとの間に予め封じ込めておき、圧入穴からの圧入ピンの除去工程の開始以後、前記摩擦接合工具の中間リングをアルミニウム合金材面に押し、圧入穴にアルミニウム合金溢出部を流動させることを特徴とする請求項2記載のアルミニウム合金の点接合方法。

【請求項4】 前記埋入工程は、外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を、前記複数のアルミニウム合金材の表裏面に当てた双方の二重構造の摩擦接合工具における一方の圧入ピン及び押圧リングとの間に予め封じ込めておき、前記圧入穴からの他方の圧入ピンの除去工程の開始以後、一方の圧入ピンをアルミニウム合金材面まで押し戻し、前記圧入穴にアルミニウム合金溢出部を流動させることを特徴とする請求項2記載のアルミニウム合金の点接合方法。

【請求項5】 前記圧入穴の埋め込み段階は、アルミニウム合金溢出部を、前記複数のアルミニウム合金材面に当てた二重構造の摩擦接合工具の押圧リングで押し付け、前記圧入穴に埋設されている部分の圧入ピンを圧入穴に残置して上部の圧入ピンを除去することを特徴とする請求項1記載のアルミニウム合金の点接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アルミニウム合金の点溶接方法、特に、各種輸送機材の軽量化に際して、部材にアルミニウム及びその合金を使用する場合、アルミニウム及びその合金部材を接合するためのアルミニウム合金の点接合方法に関する。ここで、アルミニウム合金部材は代表的には板材、形材をいうが、これら以外にもよく、点接合は板材相互の接合、板材と形材の接合等に適用することができる。

【0002】

【従来の技術】地球環境の保護、省エネルギーの観点から、各種機材の軽量化、特に自動車など輸送機器の部材の軽量化が要請され、外装材（パネル材）、その他の部材について、従来の鋼材からアルミニウム及びその合金

素材への転換が積極的に検討されている。この場合、従来の鋼材との比較において、アルミニウム合金材には種々の特性が要求されるが、このうち、アルミニウム合金材を互いに接合する方式も重要な課題の一つであり、アルミニウム合金材をパネル材として使用する自動車ボディの構造については、板プレス品を抵抗スポット溶接（点溶接）により接合するモノコック構造が主流となっている。

【0003】これまで、アルミニウム合金材に対する抵抗スポット溶接においては、鋼材に対するスポット溶接に使用されるクロム銅電極やジルコニウムクロム銅電極によるスポット溶接方式が流用されているが、アルミニウム合金材は、鋼材よりも導電率及び熱伝導度が高いため、スポット溶接の際、大電流での短時間通電が必要であり、このため、アルミニウム合金材の溶接においては、鋼材の溶接よりも電極の損耗が激しく、長期にわたり正常なナゲットを形成することが困難であるという問題がある。

【0004】このようなことから、セルフピアシングリベットによるアルミニウム合金材の接合が試みられている。この接合方法は、重ね合わせた複数のアルミニウム合金材に、鋼製のリベットを打ち込む機械的接合の一種であり、抵抗スポット溶接より継ぎ手部分の品質が安定しているという利点があるが、第3部材として高価なリベットを必要とするという難点があり、工具の摩耗状態によっては接合不良が生じ可能性もある。

【0005】近年、入熱が少なく、軟化や歪みの程度が少ないアルミニウム合金材の突合わせ接合方法として摩擦攪拌接合が提案されている。（特許第2712838号）この方式は、硬質な材料で作られた裏当ての上に、アルミニウム合金材等の軟質材を突合わせて拘束し、軟質材より硬質な摩擦接合工具の圧入ピンを突合わせ部に高速回転させながら圧入、移動させて、軟質材同士を摩擦接合するものであり、接合部分が溶融しないのが特徴となっている。

【0006】アルミニウム合金材同士の接合に上記の摩擦接合方法を適用した場合、抵抗スポット溶接やリベットによる接合よりも、継ぎ手品質が良く、良好な接合状態を安定して保持できることが期待できるが、これまでこの摩擦接合方式をスポット溶接に適用し得るかどうかについては明らかにされていない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、アルミニウム合金材の接合における上記従来の問題点を解消するために、摩擦接合方式を利用したスポット溶接方法について試験、検討を重ねた結果としてなされたものであり、その目的は、摩擦接合工具の圧入ピンを圧入し、これを移動させることなく、良好な接合状態を安定して保持することができ、接合部分に圧入ピンの圧入穴が残らないアルミニウム合金の点接合方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の請求項1によるアルミニウム合金の点接合方法は、複数の重ね合わせたアルミニウム合金材に対して、該アルミニウム合金材より硬質な摩擦接合工具の圧入ピンを回転させながら圧入して攪拌した後、該圧入ピンによる圧入穴を他所からの素材にて埋め込む段階を含むことを特徴とする。

【0009】請求項2によるアルミニウム合金の点接合方法は、前記圧入穴の埋め込み段階は、前記圧入ピンの除去工程と、該除去工程の開始以後、圧入ピンの圧入に伴って外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を圧入穴に流動させる埋入工程とからなることを特徴とする。

【0010】請求項3によるアルミニウム合金の点接合方法は、請求項2において、前記埋入工程は、外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を、三重構造の摩擦接合工具における圧入ピンと外部リングとの間に予め封じ込めておき、前記圧入穴からの圧入ピンの除去工程の開始以後、前記摩擦接合工具の中間リングをアルミニウム合金材面に押圧し、圧入穴にアルミニウム合金溢出部を流動させてなることを特徴とする。

【0011】請求項4によるアルミニウム合金の点接合方法は、請求項2において、前記埋入工程は、外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部を、前記複数のアルミニウム合金材の表裏面に当てた双方の二重構造の摩擦接合工具における一方の圧入ピン及び押圧リングとの間に予め封じ込めておき、前記圧入穴からの他方の圧入ピンの除去工程の開始以後、一方の圧入ピンをアルミニウム合金材面まで押し戻し、前記圧入穴にアルミニウム合金溢出部を流動させることを特徴とする。

【0012】また、請求項5によるアルミニウム合金の点接合方法は、請求項1において、前記圧入穴の埋め込み段階は、アルミニウム合金溢出部を、前記複数のアルミニウム合金材面に当てた二重構造の摩擦接合工具の押圧リングで押し付け、前記圧入穴に埋設されている部分の圧入ピンを圧入穴に残置して上部の圧入ピンを除去してなることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、本発明の実施の形態を詳述する。これらは本発明の好ましい実施形態を例示するものであり、本発明はこれらの形態に限定されるものではない。

【0014】図1～6は、本発明によりアルミニウム合金板材を点接合する場合の実施形態を説明する断面図である。本発明のアルミニウム合金の点接合方法は、まず、複数のアルミニウム合金板1を重ね合わせる。図1では、2枚のアルミニウム合金板1a、1bを重ね合わせている。次に、これら全てのアルミニウム合金板1に対して、圧入可能な長さの圧入ピン2を有する摩擦接合工具3を図2に示すように回転させながら圧入する。こ

の圧入ピン2は、回転円柱体4に一体に取り付けられ、これら圧入ピン2及び回転円柱体4はアルミニウム合金板1の硬度より硬く耐熱性のある材質により構成されている。

【0015】圧入ピン2がアルミニウム合金板1に圧入され攪拌されると、圧入穴5が形成された分だけ、外方にアルミニウム合金溢出部6が溢れ出ると共に、攪拌部7が形成される。摩擦接合は、図3に示すように、圧入ピン2の先端部がアルミニウム合金板1bまで圧入されるとともに回転円柱体4下端の肩部で攪拌部7を押圧することにより行われるが、そのまま圧入ピン2を圧入穴5から引き抜くと、図4に示すように、摩擦接合部分に圧入穴5が空いたままとなり強度的に問題となり、外観的にも好ましくない場合があるため、本発明においては、圧入穴5を、他所からの素材にて埋め込む段階を必須とする。圧入穴5の埋め込み段階は、熱的手段あるいは熱的手段及び機械的手段の複合方式で行われる。なお、他所からの素材とは、接合されるアルミニウム合金の圧入穴以外の部分又は接合されるアルミニウム合金とは別体の異材質のものをいう。

【0016】好ましい圧入穴の埋め込み段階は、圧入ピン2の除去工程と、該除去工程の開始以後、圧入ピン2の圧入攪拌の際に圧入穴5から外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部6を圧入穴5に流動させる埋入工程とからなる。すなわち、除去工程は図4に示す工程、埋入工程は図5に示す工程であり、圧入穴5周辺にあるアルミニウム合金溢出部6を圧入穴5に戻すものである。なお、埋入工程は、後に詳述するように、アルミニウム合金溢出部6以外の物8を、図6に示すように、圧入穴5に埋設しても良い。この場合は、溢れ出ようとするアルミニウム合金溢出部6をアルミニウム合金板1aの表面に押し付けて平らにしたり、アルミニウム合金溢出部6の量を減らす等の手段が必要となる。

【0017】次に、図7～8により、前記埋入工程の他の実施形態について説明する。図1～3までの工程は同様にして行われるが、三重構造の摩擦接合工具3aを使用する点で異なる。この場合、摩擦接合工具3aは、圧入ピン2aが中間リング10の摺動孔11に回転自在且つ軸方向移動自在に嵌合し、更に中間リング10が外部リング12の摺動孔13に回転自在かつ軸方向移動自在に嵌合してなり、圧入ピン2a及び中間リング10は別々に回転できるようになっている。従って、アルミニウム合金板1に裏当て材14を当てる一方、外部リング12をアルミニウム合金板1aに当接させた状態で、図1～3までの工程を経るが、図3における工程で圧入穴5の外方へ溢れ出たアルミニウム合金溢出部6を、中間リング10で押圧はせず僅かに上昇させて圧入ピン2aと外部リング12との間に封じ込め、圧入穴5から圧入ピン2aの上昇開始以後、中間リング10を回転させながらアルミニウム合金板1a面に押圧して行き、圧入穴5

内にアルミニウム合金溢出版6を埋め込めば、図8に示すような点摩擦接合部が形成される。

【0018】図9～10により、前記埋入工程の更に他の実施形態について説明する。図1～3までの工程は同様にして行われるが、二重構造の摩擦接合工具20a、20bからなる2台一組の摩擦接合工具20を使用する点で異なる。この場合、摩擦接合工具20a、20bは、上記摩擦接合工具3aから外部リング12を外した構造のものである。すなわち、圧入ピン21が押圧リング22の摺動孔23に回転自在且つ軸方向移動自在に嵌合してなり、圧入ピン21及び押圧リング22は別々に回転できるようになっている。従って、アルミニウム合金板1bに、裏当て材として摩擦接合工具20bを当て、図1～3までの工程を経るが、図3の過程で圧入穴5の外方へ溢れ出るアルミニウム合金溢出版6を、圧入ピン21bを僅かに下降させて摩擦接合工具20bの圧入ピン21b及び押圧リング22bとの間に封じ込め、圧入穴5から摩擦接合工具20aの圧入ピン21aの上昇開始以後、圧入ピン21bを回転させながらアルミニウム合金板1b面まで押し戻して行き、圧入穴5内にアルミニウム合金溢出版6を埋め込めば、図10に示すような点摩擦接合部が形成される。

【0019】更に、図11～12により、圧入穴の埋め込み段階の他の実施形態について説明する。図1～3までの工程は同様にして行われ、二重構造の摩擦接合工具20を1台使用する点と圧入ピンとして高強度のアルミニウム合金を使用する点で異なる。この場合、この摩擦接合工具20は、図9～10の実施形態で使用する摩擦接合工具20と同一構造のものである。アルミニウム合金板1bに裏当て材14を当て、図1～3までの工程を経て、その過程で圧入穴5の外方へ溢れ出ようとするアルミニウム合金溢出版6を、摩擦接合工具20の押圧リング22により押さえ付けると共にアルミニウム合金流出物6を平らにし、圧入ピン21を引き上げる際に、圧入穴5に埋設されている部分の圧入ピン21Rを切断又は破断させて圧入穴5に残置し、残りの上部の圧入ピン21を引き上げれば、図12に示すような点摩擦接合部が形成される。

【0020】以下、本発明の効果を確認するための実施例について説明する。

実施例1

図7に示すように、アルミニウム合金板（材質：5182、調質：O材、厚さ：1mm）を2枚重ね合わせ、裏側から鋼製裏当てを当てがい、表側から三重構造の複動型摩擦接合工具を回転させながらアルミニウム合金板表面に当接し、圧入ピンを突出させてアルミニウム合金板に差し込み、回転数1000rpmで攪拌した。

【0021】初期の圧入ピンの差し込み長さは、板表面から1.2mmとし、中間リングを板表面から0.5mm窪ませ、その状態で1秒間待った後、圧入ピンを抜き

ながら中間リングを板表面に押し付けて点接合を行った。使用した複動型摩擦接合工具は、圧入ピンの直径が4mm、中間リングの直径が8mm、外部リングの直径が20mmのものである。

【0022】得られた点接合部は、表面が0.1mm以内に窪んでいただけで圧入穴が残る等の外見上の欠陥は無く、径5mmのナゲット（攪拌部）が形成された。この継ぎ手部分の剪断引張試験の結果は、同一径のナゲットを有する抵抗スポット溶接継ぎ手の120%以上の強度を維持していた。

【0023】実施例2

図9に示すように、アルミニウム合金板（材質：6111、調質：T4、厚さ：0.8mm）を2枚重ね合わせ、接合部近傍を位置決め治具で挟み固定し、表裏面から、二重構造の複動型摩擦接合工具（圧入ピン直径：4mm、押圧リング直径：8mm）をそれぞれ回転させながら2枚重ねの板に当接し、表面側の複動型摩擦接合工具の圧入ピンを1mm突出させてアルミニウム合金板に差し込み、回転数1500rpmで攪拌した。

【0024】同時に、裏面側の複動型摩擦接合工具の圧入ピンを初期に1mm窪ませ、表面側の複動型摩擦接合工具の圧入ピンを板表面から0.1mmの深さになるまで引き抜き、裏面側の複動型摩擦接合工具の圧入ピンを板表面から0.1mmの深さになるまで押し込み、点接合した。

【0025】得られた点接合部は、外見上の欠陥が無く、且つ接合部に圧入穴を残すことなく、径4.6mmのナゲットが形成された。この継ぎ手部分の剪断引張試験の結果は、同一径のナゲットを有する抵抗スポット溶接継ぎ手の150%以上の強度を維持していた。

【0026】実施例3

図11に示すように、アルミニウム合金板（材質：1100、調質：O材、厚さ：3mm）を2枚重ね合わせ、裏側から鋼製裏当てを当てがい、表側から二重構造の複動型摩擦接合工具（押圧リングの外径：15mm、押圧リングの中央孔の内径：7mm）を回転させながら2枚重ねの板に当接した。この押圧リングの中央孔に、アルミニウム合金（材質：7075、調質：T6）の棒を予め嵌合し、中央孔から4.5mm突出させて固定し圧入ピンの役割を担わせ、2枚重ねの板に差し込み、回転数2000rpmで攪拌した。

【0027】1秒間待った後、回転数を急に500rpmに落とし、再度2000rpmに上げたところ、圧入ピンのアルミニウム合金棒が破断して、攪拌部に埋め込まれ、圧入ピンの圧入穴内に残置され、点接合部が形成された。

【0028】得られた点接合部は、外見上の欠陥は無く、且つ接合部には圧入穴を残すことなく7075-T6の棒が埋め込まれており、表裏のアルミニウム合金板は健全に接合されていた。この継ぎ手部分の剪断引張

試験の結果は、同一径のナゲットを有する抵抗スポット溶接継ぎ手の200%の強度を維持していた。

【0029】

【発明の効果】以上のとおり、請求項1の発明によれば、接合過程で生じた圧入穴を他所からの素材で埋め込むため、接合部分に圧入穴が残ることがなく、継ぎ手品質が良く疲労強度に優れ、良好な接合状態を安定して保持する点接合部を得ることが出来る。

【0030】請求項2の発明によれば、接合過程で生じた圧入穴を、同じく接合過程で圧入穴から溢れ出たアルミニウム合金溢出部を流動させて埋め込むため、上記効果に加えて、接合過程で生じる圧入穴周辺の膨らみを防止出来、良好な表面状態の点接合部が得られる。

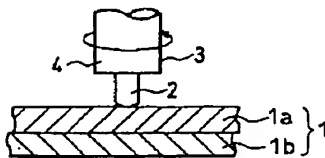
【0031】請求項3の発明によれば、接合過程で圧入穴から溢れ出るアルミニウム合金溢出部の流動エリアを予め規制しておき、接合過程で生じた圧入穴から圧入ピンを引き抜くと共に圧入穴にアルミニウム合金溢出部を流動させて埋め込むから、上記効果に加えて、接合と圧入穴の埋入とを連続して行うことが出来るため高効率であり、また、アルミニウム合金溢出部の流動エリアを規制してあるから、良好な表面状態の点接合部が得られ、更に裏当て治具の構造も単純化することが出来る。

【0032】請求項4の発明によれば、接合過程で圧入穴から溢れ出ようとするアルミニウム合金溢出部の流動エリアを、圧入穴の反対面となるように予め規制しておき、接合過程で生じた圧入穴から圧入ピンを引き抜くと共に、反対面の圧入ピンを押圧して圧入穴に反対面にあるアルミニウム合金流出物を流動させて埋め込むから、上記効果に加えて、接合と圧入穴の埋入とを連続して行うことが出来るため高効率であり、また、表裏面にわたる接合部が形成され、安定したナゲット径が得られて、接合強度が高く且つ良好な表裏面状態の点接合部が得られる。

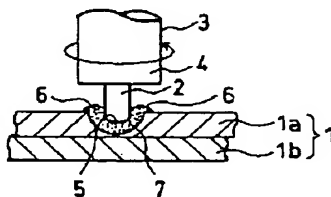
【0033】請求項5の発明によれば、アルミニウム合金溢出部出物を押し付け、接合に用いた圧入ピンを圧入穴に残置して埋設するから、上記効果に加えて、接合と圧入穴の埋設とをほぼ同時に行うことが出来るため高効率であり、裏当て治具の構造も単純化することが出来る。

【図面の簡単な説明】

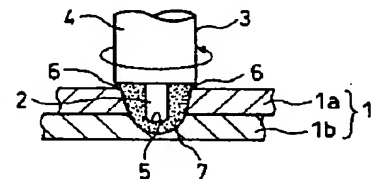
【図1】



【図2】



【図3】



【図1】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第1工程）である。

【図2】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第2工程）である。

【図3】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第3工程）である。

【図4】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第4工程）である。

【図5】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第5工程）である。

【図6】本発明の点接合方法の実施形態を説明するための断面図（第6工程）である。

【図7】本発明の点接合方法の他の実施形態を説明するための断面図である。

【図8】図7に示す点接合方法による接合後の状態を示す断面図である。

【図9】本発明の点接合方法のさらに他の実施形態を説明するための断面図である。

【図10】図9に示す点接合方法による接合後の状態を示す断面図である。

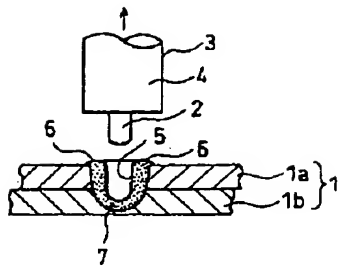
【図11】本発明の点接合方法の別の実施形態を説明するための断面図である。

【図12】図11に示す点接合方法による接合後の状態を示す断面図である。

【符号の説明】

1、1 a、1 b	アルミニウム合金板
2、2 a、2 1、2 1 a、2 1 b、2 1 R	圧入ピン
3、3 a、2 0、2 0 a、2 0 b	摩擦接合工具
4	回転円柱体
5	圧入穴
6	アルミニウム合金溢出部
7	攪拌部
8	アルミニウム合金溢出部以外
の物	
10	中間リング
11、13、23	摺動孔
12	外部リング
14	裏当て材
22、22 a、22 b	押圧リング

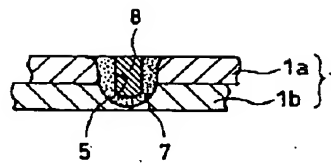
【図 4】



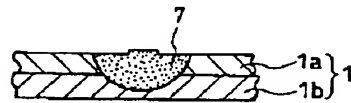
【図 5】



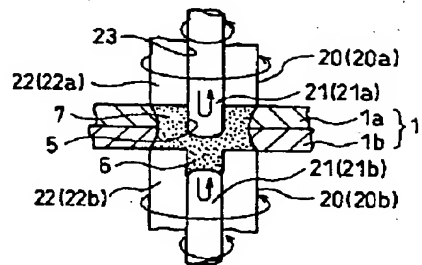
【図 6】



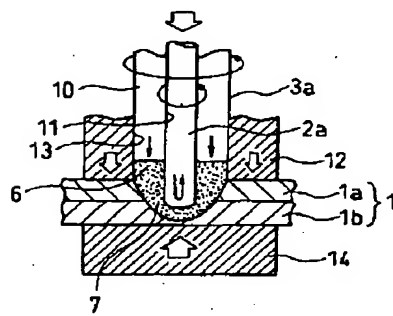
【図 8】



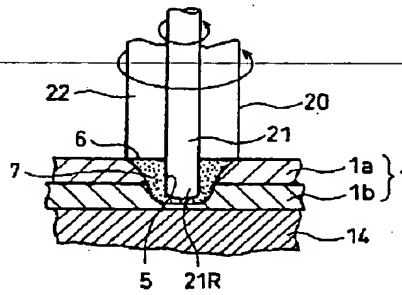
【図 9】



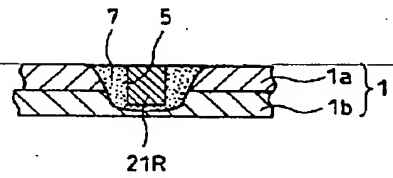
【図 7】



【図 11】



【図 12】



【図 10】

